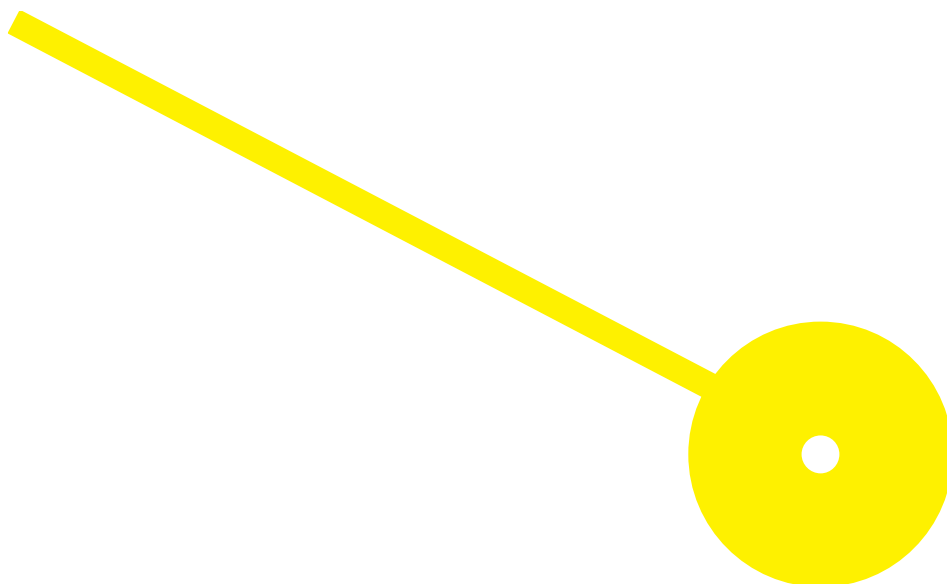




Influência da posição escapular e da orientação dos membros superiores na atividade muscular escapular durante o exercício de *push-up plus*, em indivíduos saudáveis

Diana Filipa Alves de Sousa

12/2020



**Influência da posição escapular e da orientação dos membros superiores na atividade muscular
escapular durante o exercício de *push-up plus*, em indivíduos saudáveis**

Autor

Diana Filipa Alves de Sousa¹

Orientador

Paulo Carvalho, PhD²

Co-Orientadores

Carlos Crasto, PhD²

Pedro Maciel Barbosa, MSc²

¹ESS-P. Porto – Escola Superior de Saúde, Politécnico do Porto

²ATCF – Área Técnico-Científica da Fisioterapia

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em **Terapia Manual Ortopédica** na área de **Fisioterapia** pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.

Agradecimentos

Agradecimento a todos os participantes pela sua disponibilidade e colaboração, aos docentes pela ajuda no desenvolvimento desta investigação e, por fim, agradeço à Escola Superior de Saúde e ao Centro de Investigação em Reabilitação pela disponibilização das suas instalações e equipamentos.

Resumo

Introdução: Os programas de prevenção e reabilitação do ombro incluem frequentemente o exercício *push-up plus*, no entanto, verifica-se uma ausência de informação sobre o impacto das diferentes alavancas dos membros superiores e posições escapulares no recrutamento dos músculos estabilizadores da escápula. **Objetivo:** Verificar a eficácia da alavanca (curta e longa) nos diferentes posicionamentos do membro superior (plano sagital e plano da escápula) na protração e retração da escápula, durante o exercício de *push-up plus*, na atividade muscular dos estabilizadores da escápula de forma a perceber qual é a posição e alavanca mais adequada para a maximização de sinergia muscular em indivíduos saudáveis. **Métodos:** Estudo observacional analítico transversal com uma amostra de 29 indivíduos voluntários saudáveis. No exercício de *push-up plus* na parede, os participantes realizaram contração isométrica na fase de protração e de retração da escápula, no plano sagital e no plano da escápula em alavanca longa e curta. Foi analisada a atividade dos músculos serrátil anterior (SA), trapézio inferior (TI) e trapézio superior (TS), através da eletromiografia de superfície. Na comparação entre alavancas e planos verificaram-se diferenças significativas ao nível do SA e do TS no plano da escápula em alavanca curta na realização do exercício de *push-up plus*. Numa análise entre posições escapulares observou-se um aumento significativo da atividade do SA durante a protração, já no TI observou-se um aumento na retração em ambas as alavancas. **Conclusão:** No exercício de *push-up plus* na parede, o plano de movimento e a alavanca parece influenciar a atividade muscular dos estabilizadores escapulares. A protração parece recrutar maior atividade do SA, enquanto a retração parece recrutar maior atividade do TI. O TS em alavanca curta atingiu uma atividade significativamente inferior no plano da escápula. Assim, os dados encontrados sugerem que a seleção da posição da escápula em alavanca curta durante a execução do *push-up plus* deve ser tida em consideração para promover a ativação muscular específica adequada às necessidades de cada pessoa.

Palavras-chave: *Push-up plus*, planos de movimento, alavancas, estabilizadores da escápula

Abstract

Introduction: Prevention and rehabilitation programs for the shoulder often include push-up plus exercise, however, there is a lack of information on the impact of different levers on the upper limbs and scapular positions in the recruitment of scapular stabilizer muscles. **Objective:** To verify the effectiveness of the lever (short and long) in the different positions of the upper limb (sagittal plane and scapular plane) in protraction and retraction of the scapula, during the push-up plus exercise, in the muscular activity of the scapular stabilizers in a way to understand what is the most appropriate position and lever for maximizing muscle synergy in healthy individuals. **Methods:** Cross-sectional observational study with a sample of 29 healthy volunteers. In the push-up plus exercise on the wall, the participants performed an isometric contraction during the protraction and retraction phase of the scapula, in the sagittal plane and in the plane of the scapula with long and short lever. The activity of the serratus anterior (SA), lower trapezius (TI) and upper trapezius (TS) muscles was analyzed through surface electromyography. In the comparison between levers and plans, significant differences were found in terms of the SA and the TS in the plane of the short lever scapula when performing the push up plus exercise. In an analysis between scapular positions, there was a significant increase in SA activity during protraction, while in TI there was an increase in retraction in both levers. **Conclusion:** In the push-up plus exercise on the wall, the plane of movement and the lever seem to influence the muscular activity of scapular stabilizers. The protraction appears to recruit greater activity from the serratus anterior, while the retraction appears to recruit greater activity from the lower trapezius. The short lever TS achieved significantly less activity in the scapular plane. Thus, the data found suggest that the selection of the position of the scapula in short lever during the execution of the push-up plus should be considered to promote specific muscle activation appropriate to the needs of each person.

Keywords: Push-up plus, movement plans, levers, scapula stabilizers

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Métodos.....	3
2.1.	Desenho de estudo.....	3
2.2.	Amostra	3
2.3.	Instrumentos	4
2.3.1.	Caracterização da amostra	4
2.4.	Procedimentos.....	6
2.4.1.	Estudo piloto	6
2.4.2.	Recolha de dados.....	6
2.4.3.	Processamento de dados.....	9
2.5.	Ética.....	10
2.6.	Estatística	11
3.	Resultados.....	12
4.	Discussão.....	15
5.	Conclusão.....	19
6.	Referências Bibliográficas	20
7.	Anexos	27
7.1.	Questionário para seleção e caracterização da amostra	27
7.2.	Consentimento Informado	29
7.3.	Base de dados	30

1. Introdução

A articulação escapulotorácica desempenha um papel fundamental na função motora do complexo articular do ombro (Phadke et al., 2009; Terry & Chopp, 2000).

A disfunção do complexo articular do ombro é uma causa comum de dor musculoesquelética persistente, perda funcional e ausência de coordenação muscular que pode ser caracterizada pela restrição da amplitude ativa e passiva do movimento do ombro, alteração da posição e do movimento escapular (Artus et al., 2017; W. Ben Kibler et al., 2013; Larkin-Kaiser et al., 2015).

Em termos epidemiológicos, a prevalência destas disfunções atinge os 66,7% ao longo do ciclo de vida (Artus et al., 2017), sendo a terceira condição músculo-esquelética mais comum no Reino Unido, com um episódio mensal de pelo menos 24 horas em 16 a 31% nesta população (Chester et al., 2019; Worsley et al., 2013). A dor no ombro é responsável, anualmente, por até 3% das visitas a médicos de clínica geral. Num período de 3 anos, 48% das pessoas com dor no ombro recorrem ao seu médico devido a sintomas contínuos. Entre 8% e 11% dos pacientes com dor no ombro são encaminhados na primeira consulta médica para a fisioterapia, subindo para 18% num período de 3 anos. Clinicamente, o tempo de recuperação é longo sendo que 69% dos pacientes relataram recuperação completa em 6 meses de acompanhamento, 17% relataram apenas uma ligeira melhoria e 14% não sentiram mudança na sintomatologia (Chester et al., 2019). Os sintomas podem ser persistentes e incapacitantes, aumentando assim a procura de diferentes especialidades ligadas à saúde e, consequentemente, o aumento dos custos económicos ao longo deste processo de diagnóstico e recuperação (Jeong et al., 2014; Miranda et al., 2008).

Os distúrbios do ombro, tal como a sua funcionalidade, devem ser analisados segundo um modelo multifatorial, no qual se incluem aspetos anatómicos, fisiológicos, biomecânicos, processos neurofisiológicos da dor, fatores pessoais e profissionais, antecedentes clínicos e socioeconómicos que respondam à natureza interdependente e complexa do sistema articular do ombro (Chester et al., 2018; Ratcliffe et al., 2014; Roquelaure et al., 2009).

Alguns autores defendem que a estabilidade deste complexo articular depende de um sistema funcional de suporte e mobilidade musculotendinoso (Linaker & Walker-Bone, 2015), sendo necessária a atuação conjunta da musculatura escapulotorácica e da coifa dos rotadores (Lee & Kim, 2019).

Em termos biomecânicos, a literatura existente associa alterações escapulares ao condicionamento de padrões cinemáticos do ombro, relacionados com a diminuição da força dos

músculos estabilizadores da escápula que implicam uma alteração do centro de rotação instantânea e, desta forma, aumentam o risco de disfunção e diminuição de capacidade funcional (De Castro & Aldabec, n.d.; McQuade et al., 2016).

No entanto, verifica-se alguma controvérsia científica na sustentação desta relação causal entre o comportamento mecânico da escápula, presença de dor e lesão no ombro (Clarsen et al., 2014; Struyf et al., 2012). Na realidade, alguns autores defendem que a presença de dor influencia as estratégias de controlo motor, gerando mecanismos de inibição central que se repercutem numa diminuição da contração voluntária máxima e em alterações da sinergia estabilizadora da escápula (Falla et al., 2007; Hodges & Tucker, 2011). Outros autores verificaram que em indivíduos com dor existe um aumento da atividade do trapézio superior (TS) (Andersen et al., 2011; Falla et al., 2007; McClure et al., 2012; Phadke et al., 2009), um atraso da ativação dos músculos serrátil anterior (SA) e trapézio inferior (TI) (Andersen et al., 2011; W. Ben Kibler et al., 2008, 2013; Cools et al., 2007; Magarey & Jones, 2003; McClure et al., 2012).

Desta forma, a fraqueza ou a ativação diminuída destes músculos pode alterar o posicionamento e a biomecânica segmentar (Camargo & Neumann, 2019), aumentando a translação da cabeça umeral e alterando o movimento escapular (Tsuruike & Ellenbecker, 2015). Um excessivo tilt anterior da escápula, rotação interna ou excessiva elevação do acrómio são fatores que diminuem a ativação da coifa dos rotadores e causam uma distribuição inadequada da tensão mecânica, conduzindo a uma perda de estabilidade e uma maior probabilidade de perturbação funcional do ombro (Barreto et al., 2013).

Apesar da falta de consenso quanto ao modelo explicativo da disfunção do ombro, entre as várias opções de tratamento em Fisioterapia, a que apresenta maior grau de evidência é o programa de prevenção e reabilitação baseado fundamentalmente em exercícios em cadeia cinética fechada (Brudvig et al., 2011; Camargo et al., 2015; W. B. Kibler & Sciascia, 2010; Lefèvre-Colau et al., 2018; McClure et al., 2012; Paine & Voight, 2013; Steuri et al., 2017). A sua efetividade depende, entre vários fatores, da capacidade de garantir simultaneamente uma melhoria da cinemática escapular, aumento da atividade dos músculos estabilizadores e o controlo neuromuscular (Andersen et al., 2011; Brudvig et al., 2011; Calatayud et al., 2014; Lunden et al., 2010; McQuade et al., 2016).

Neste sentido, os exercícios recomendados para o treino de estabilizadores escapulares são o *push-up* e o *push-up plus*. O *push-up* tradicional trata-se de um exercício calisténico em cadeia cinética fechada com 90º de flexão da glenoumeral, no qual se realiza o movimento de flexão e

extensão do cotovelo partindo da posição inicial de prancha (Gouvali & Boudolos, 2005). É um exercício amplamente estudado nas suas diferentes variações associadas a diferentes graus de dificuldade (Y.-S. Kim et al., n.d.; Lunden et al., 2010). Uma adaptação do *push-up* é o *push-up plus*. Este exercício realiza-se em postura de *push-up* com movimento de protração máxima da escápula (Lunden et al., 2010), permitindo assim uma elevada contração do SA e do TI combinada com uma baixa contração do TS (Boroto et al., 2018; Cricchio & Frazer, 2011; Hardwick et al., 2006; Jeong et al., 2014; Ludewig et al., 2004). Esta adaptação pode ser realizada no chão ou na parede, pelo que o *push-up plus* na parede tem sido usado como um exercício de fortalecimento de baixo nível da cintura escapular na fase inicial da reabilitação (Oh et al., 2013). Duas das variações do *push-up plus* é a colocação dos membros superiores na posição *standart*/plano sagital ou com as mãos afastadas/plano da escápula (Y.-S. Kim et al., n.d.) e a outra é o uso das alavancas (Ludewig et al., 2004). Contudo, a influência de diferentes alavancas e planos do MS na ativação muscular dos estabilizadores da escápula durante o movimento de retração e protração escapular no exercício de *push-up plus* na parede carece de informação sustentada. Deste modo, o objetivo principal deste estudo foi verificar a eficácia da alavanca (curta e longa) nos diferentes posicionamentos do MS (plano sagital e plano da escápula) na protração e retração da escápula, durante o exercício de *push-up plus*, na atividade muscular dos estabilizadores da escápula de forma a perceber qual é a posição e alavanca mais adequada para a maximização de sinergia muscular em indivíduos saudáveis.

2. Métodos

2.1. Desenho de estudo

O desenho do estudo foi do tipo observacional analítico transversal.

2.2. Amostra

A população-alvo deste estudo foram os estudantes universitários da Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto. O processo de amostragem foi não probabilística e por conveniência. A amostra foi obtida através da participação voluntária da população-alvo e foi selecionada através de um questionário eletrónico, com o intuito de averiguar o cumprimento dos critérios de elegibilidade.

Definiu-se como critério de inclusão uma idade compreendida entre os 18 e os 30 anos. Como critérios de exclusão, foram considerados a presença de episódios recorrentes de dor no ombro (Castelein et al., 2015; Park & Yoo, 2011; Sandhu et al., 2008; Seo et al., n.d.; Suprak et al., 2013; Worsley et al., 2013), na coluna cervical (Castelein et al., 2015; Suprak et al., 2013; Worsley et al., 2013), torácica ou lombar (Götze et al., 2015; Sandhu et al., 2008; Suprak et al., 2013), ou na articulação temporomandibular (Castelein et al., 2015) nos últimos três meses; presença de patologias respiratórias, cardiovasculares (Castelein et al., 2015; Tucker et al., n.d.), neurológicas (Castelein et al., 2015; Götze et al., 2015; Worsley et al., 2013) ou inflamatórias (Castelein et al., 2015); gravidez ou período pós-parto inferior a 6 meses (Castelein et al., 2015; Tucker et al., n.d.); realização de cirurgia na região do ombro (Castelein et al., 2015; Sandhu et al., 2008; Seo et al., n.d.; Tucker et al., n.d.), coluna cervical, torácica ou lombar (Castelein et al., 2015; Seo et al., n.d.; Suprak et al., 2013) no último ano, bem como a prática de desportos que implicassem uma atividade assimétrica dos membros superiores (p.e.: andebol, voleibol, ténis, etc.) (Castelein et al., 2015).

2.3. Instrumentos

2.3.1. Caracterização da amostra

Para a caracterização da amostra realizou-se um questionário eletrónico, de forma a recolher os dados sociodemográficos dos participantes. As medidas antropométricas, massa corporal (Kg) e altura (m), foram avaliadas através do recurso a uma balança *seca® 760* (*seca – Medical Scales and Measuring Systems®, Birmingham, United Kingdom*), com uma precisão de 1Kg, e a um estadiómetro *seca® 222* (*seca – Medical Scales and Measuring Systems®, Birmingham, United Kingdom*), com uma precisão de 1mm, respetivamente.

A eletromiografia de superfície (EMGs) foi utilizada para o registo da atividade muscular dos músculos TS, TI e SA do membro superior dominante. A recolha do sinal EMGs foi realizada através de um eletromiógrafo portátil *bioPLUX research* (*PLUX wireless biosignals S.A.®, Arruda dos Vinhos, Portugal*), com 8 canais analógicos de 12bit e frequência de amostragem de 1000Hz, sendo que apenas 4 foram utilizados para a recolha eletromiográfica.

Utilizaram-se elétrodos adesivos de gel *Dahlhausen Einmal-EKG-Elektroden, Typ 505, Solid-Gel (Fest-Gel), Kind (Dahlhausen®, Cologne, Germany)*, de cloreto de prata e de superfície circular, com raio de 1 cm. Os elétrodos adesivos foram adaptados aos sensores ativos bipolares *emgPLUX (PLUX wireless biosignals S.A.®, Arruda dos Vinhos, Portugal)*, com um ganho de 1000, uma banda passante de 20-500Hz e um *Common-mode rejection ratio* de 110dB. Os sensores foram ligados ao eletromiógrafo portátil com conexão via *bluetooth* a um computador portátil, recorrendo-se ao *software MonitorPLUX (PLUX wireless biosignals S.A.®, Arruda dos Vinhos, Portugal)* versão 2.0, para recolha e visualização do sinal EMGs. Com vista a verificar a impedância da pele, foi utilizado um impedómetro *Impedance Checker (Noraxon®, Cologne, Germany)*.

2.4. Procedimentos

2.4.1. Estudo piloto

Inicialmente procedeu-se à realização de um estudo piloto a um grupo de 5 indivíduos com características semelhantes às da amostra, mas que não pertenceram à mesma. Teve como finalidade testar os procedimentos de recolha de dados, permitindo a otimização dos mesmos quer em termos de organização, quer em termos logísticos e operacionais.

2.4.2. Recolha de dados

Os questionários (7.1. Anexo) foram distribuídos via correio eletrónico aos estudantes da ESS – P.Porto, tendo estes sido informados quanto ao conteúdo e objetivos do estudo. Os indivíduos que cumpriam os critérios de participação estabelecidos foram posteriormente contactados com vista ao agendamento da recolha de dados.

De forma a dar início à recolha de dados, e após a assinatura do consentimento informado (7.2. Anexo), foram recolhidos os dados antropométricos dos participantes.

De seguida, procedeu-se à preparação da pele para a aplicação dos elétrodos adesivos. Esta consistiu na remoção de pêlos com uma lâmina na área de colocação dos elétrodos, seguida da abrasão da superfície morta da pele recorrendo a um gel esfoliante e, finalmente, da limpeza da pele com álcool isopropílico a 97%, com o intuito de reduzir a impedância da mesma e garantir uma boa qualidade do sinal eletromiográfico.

Após garantida a impedância da pele com um valor menor ou igual a $5k\Omega$ (Hermens et al., 2000), colocaram-se sobre cada músculo dois elétrodos adesivos com uma distância de cerca de 2 cm entre os mesmos, paralelamente à orientação das fibras musculares. Os locais de colocação dos elétrodos foram determinados segundo *Cram & Criswell* (2010) e *Se yeon Park & Yoo* (2011) (tabela 1) e confirmados através da contração isométrica e palpação (tabela 2). O eletrodo terra foi colocado ao nível da clavícula do lado do membro superior não dominante.

Músculo	Referência para colocação dos elétrodos
Trapézio superior	Ponto médio entre a apófise espinhosa da vértebra C7 e o acrómio (Cram & Criswell, 2010)
Trapézio inferior	5 cm abaixo da espinha da escápula e ao lado do bordo medial da mesma, formando um ângulo oblíquo de cerca de 55º com o bordo medial da escápula (Cram & Criswell, 2010)
Serrátil anterior	Na região lateral do tronco, na linha axilar, ao nível da sétima costela (Park & Yoo, 2011)

Tabela 1– Referência para a colocação dos elétrodos.

Músculo	Teste Muscular Manual		
	Posição	Movimento desejado	Resistência externa
Trapézio superior	Sentado, com os membros inferiores fora da marquesa e antebraços relaxados sobre as coxas	Elevação dos ombros	Resistência aplicada nos ombros, para baixo e para fora, a contrariar o movimento
Trapézio inferior	Decúbito ventral, com o membro superior a 135º de abdução	Adução e depressão da escápula	Resistência aplicada no ângulo inferior da escápula, para cima e para fora, a contrariar o movimento
Serrátil anterior	Decúbito dorsal, com o membro superior a 90º de elevação anterior	Protração da escápula	Resistência aplicada no antebraço, para baixo, a contrariar o movimento

Tabela 2– Teste muscular manual adaptado de *Kendall et al. 2005*

Inicialmente, a realização da tarefa foi explicada e exemplificada aos participantes, que tiveram oportunidade de a repetir até perceberem e interiorizarem os componentes de movimento pretendidos.

Relativamente ao posicionamento a adotar na posição de pé, foram dadas indicações no sentido da colocação dos pés à largura dos ombros para os indivíduos do sexo masculino, ou das coxofemorais para os indivíduos do sexo feminino. Tanto para o treino como para a posterior realização da tarefa, foi colocado um bastão em contacto com a região occipital, coluna torácica e sacro, no sentido de dar algum *feedback* ao participante acerca do correto alinhamento da coluna vertebral, permitindo que a mesma se movesse em bloco, durante a realização do exercício (CHo et al., n.d.). No bastão fixou-se um inclinómetro analógico *Baseline® Bubble Inclinometer (Baseline®, Fabrication Enterprises Inc., White Plains, New York, United States of America)*, com uma precisão de 1º, para controlar a manutenção de uma inclinação de 20º

relativamente à vertical durante a realização do exercício. Esta inclinação foi estabelecida com o intuito de promover uma maior exigência ao exercício e tida como um fator de normalização das condições impostas aos participantes.

Na posição de pé contra a parede foi solicitada a contração isométrica na fase de retração e de protração da escápula em alavanca longa (*loose packed position* do cotovelo) e alavanca curta (com apoio dos antebraços na parede) com a articulação glenoumeral posicionada a 90º de flexão (Figura 1). Esta contração foi realizada no plano sagital (0º no sentido anterior no plano frontal) (Figura 2) e no plano da escápula (30º no sentido anterior no plano frontal) (Figura 3).

A sequência de realização destes exercícios foi aleatória tendo sido sorteado para cada participante a ordem a realizar a recolha de dados (Suprak et al., 2013).

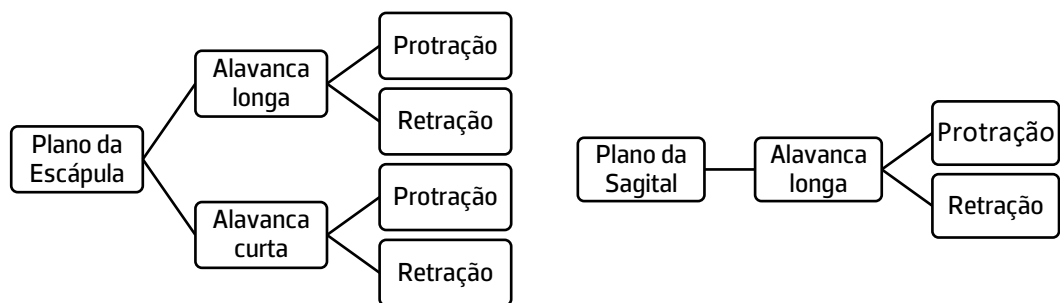


Figura 1 – Diagrama dos posicionamentos dos membros superiores nos diferentes planos e alavanca.



Figura 2 – Posicionamento dos membros superiores no plano sagital



Figura 3 – Posicionamento dos membros superiores no plano da escápula

Após uma exploração dos movimentos pretendidos e quando o participante se sentiu confortável na realização do exercício, foram utilizadas amplitudes máximas de protração e de retração que

não envolvessem compensações (a nível da coluna cervical, torácica ou lombar, elevação dos ombros, flexão dos cotovelos, etc.). Foram recolhidas 3 repetições de 6 segundos de atividade muscular isométrica, por indivíduo, com tempo de descanso de 60 segundos entre cada repetição, em diferentes variantes de plano de movimento dos membros superiores (Suprak et al., 2013; Tucker et al., n.d.). Nestas recolhas os participantes manifestaram dificuldade na execução de alguns exercícios devido ao aumento da fadiga. Foi necessário reduzir o número de exercícios para finalizar o estudo, retirando assim os exercícios do plano sagital alavanca curta na fase de protração e retração.

Durante a execução do exercício, um dos investigadores ajudava o participante a assumir a posição a analisar, retirando as suas mãos imediatamente antes da recolha do sinal EMGs, enquanto outro investigador monitorizava o inclinómetro para detetar alterações na inclinação do tronco. Os investigadores ficaram responsáveis por desempenhar as mesmas tarefas de modo a diminuir o risco de viés de informação.

2.4.3. Processamento de dados

Com vista à conversão e processamento dos dados recolhidos através do *software Monitor PLUX®* versão 2.0, foi criada uma rotina para o MATLAB (*MathWorks®, Madrid, Spain*). Foram aplicados dois filtros digitais *Infinite Impulse Response – Butterworth* de 2ª ordem: um de 20 Hz (*high pass*) e outro de 500 Hz (*low pass*) para a remoção do ruído elétrico e/ou movimento de cabos; foi também aplicado um filtro com as mesmas características, de 30 Hz (*band stop*) para a remoção do sinal cardíaco. Por fim, foi calculado o *root mean square* (RMS) a 29 amostras.

A análise da intensidade de ativação muscular foi efetuada através do *software Acqknowledge®* (*Biopac Systems, Inc.®, Goleta, California, United States of America*) versão 3.9.0. Para cada fase do *push-up plus* em cada plano de movimento e em cada alavanca foi analisada a média do RMS dos 6 segundos de recolha de três contrações isométricas para cada músculo.

Os sinais EMGs foram normalizados na média de três repetições de CIVM do respetivo músculo, obtida através da análise da média do RMS dos 3 segundos centrais de contração.

2.5. Ética

A realização do presente estudo foi aprovada pela Comissão de Ética da ESS – P. Porto e pelo diretor do Centro de Investigação em Reabilitação para a utilização das instalações e equipamentos.

Os participantes foram informados sobre o estudo e seus objetivos, tendo de seguida assinado o consentimento informado, de acordo com a “Declaração de Helsínquia” (7.2. Anexo), em que ficará salvaguardado o anonimato e a confidencialidade dos dados. Os participantes tiveram ainda a possibilidade de realizar todas as questões que achassem necessárias e recusar participar ou interromper o estudo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

2.6. Estatística

A análise estatística foi realizada através do *software IBM SPSS Statistics (versão 24.0; IBM Corp, Armonk, NY USA)*, com um nível de significância de 0.05.

Para a comparação da atividade muscular de cada um dos músculos nas várias condições de avaliação foi utilizado o teste de *Friedman*, seguido das comparações múltiplas de *Dunn*. A utilização da versão não paramétrica do teste deveu-se ao pressuposto da normalidade, verificado através do teste de *Shapiro-Wilk*, não ter sido assegurado (Marôco, 2014).

Cada músculo foi avaliado em 6 momentos, consistindo em 3 posições distintas (plano da escápula com alavanca longa; plano da escápula com alavanca curta; e plano sagital com alavanca longa), cada uma delas em protração e retração escapular. Das 15 comparações possíveis, foram analisadas apenas 9 que traduzem as comparações da atividade muscular entre as seguintes condições: protração e retração em cada uma das posições (3 comparações); alavanca curta e alavanca longa no plano da escápula em posição de protração e de retração (2 comparações); alavanca curta no plano da escápula com a alavanca longa no plano sagital nas posições de protração e de retração (2 comparações); e o plano da escápula e plano sagital com alavanca longa, quer em protração, quer em retração (2 comparações). O valor prova das comparações múltiplas de *Dunn* foi ajustado com uma correção de *Bonferroni* a estas 9 comparações (Marôco, 2014).

Como estatística descritiva foi utilizada a média e o desvio padrão para as variáveis de caracterização da amostra, e a mediana e os respetivos percentis 25 e 75 para as restantes variáveis em análise (Marôco, 2014).

3. Resultados

A amostra final foi constituída por 29 indivíduos (7.3. Anexo), sendo que o critério de exclusão mais comum foi a presença de dor, tal como se verifica no diagrama de constituição da amostra (Figura 4).

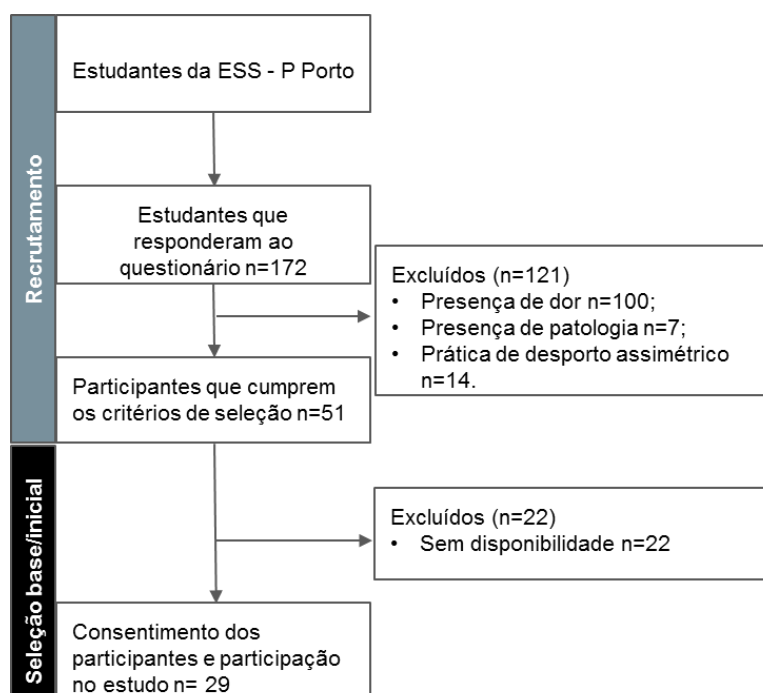


Figura 4–Diagrama de constituição da amostra

A amostra incluiu indivíduos entre os 18 e os 26 anos (15 do sexo feminino) com um IMC médio de $22,23 \pm 2,48$ kg/cm² (Tabela 3).

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	21,38	1,68	18,00	26,00
Massa (kg)	64,38	11,02	47,00	91,00
Altura (m)	1,70	0,10	1,55	1,88
IMC (kg/cm ²)	22,23	2,48	17,47	29,05

Tabela 3 –Caracterização da amostra

Legenda: Kg: quilogramas / m: metros / IMC: índice de massa corporal

Quando analisados os vários músculos (SA, TI e TS) nas várias condições observaram-se diferenças significativas em todos eles ($p < 0,001$), sendo mais evidente nas posições que

envolviam a protração e a retração. Ao nível do SA observou-se que na posição de protração a atividade muscular foi significativamente superior à registada na posição de retração ($p<0,001$). O inverso foi observado no TI, registando valores significativamente superiores quando avaliado na retração escapular ($p<0,001$). No caso do TS apenas se observou uma atividade significativamente superior na retração face à protração no caso da alavanca longa no plano da escápula ($p=0,002$). Contudo no plano sagital, também em alavanca longa, observou-se a mesma tendência ($p=0,069$). No caso da alavanca curta é possível observar que ao contrário das outras posições, a retração não parece potenciar um maior nível de atividade.

Quando comparados os planos e alavancas, observou-se que no TS a alavanca curta permitiu atingir uma atividade significativamente inferior do que na alavanca longa ($p=0,023$), ambos avaliados num plano da escápula em retração. Verificou-se ainda que no SA, em retração, a posição do plano da escápula com alavanca curta apresentou uma atividade significativamente superior à alavanca longa do plano sagital ($p=0,045$). De facto, a posição de alavanca curta no plano da escápula neste músculo parece apresentar uma tendência para uma maior atividade muscular do que as restantes, quer em retração, quer em protração.

Salienta-se ainda que quer o SA, quer o TI, apresentam medianas de valores de atividade muscular entre os 20 e os 60% respetivamente para as funções de protração e retração. Já o TS apresenta medianas de ativação menores do que 10%.

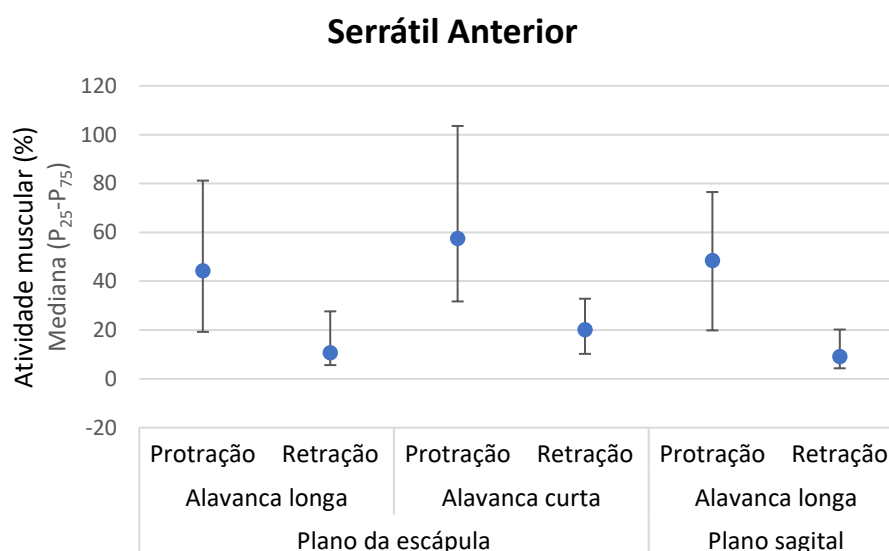


Figura 5- Atividade muscular nas várias condições do músculo serrátil anterior.

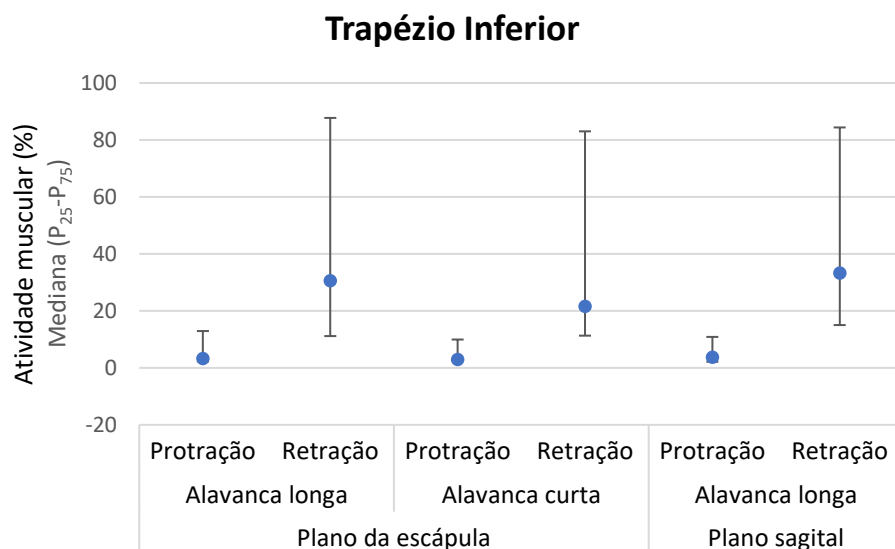


Figura 6– Atividade muscular nas várias condições do músculo trapézio inferior.

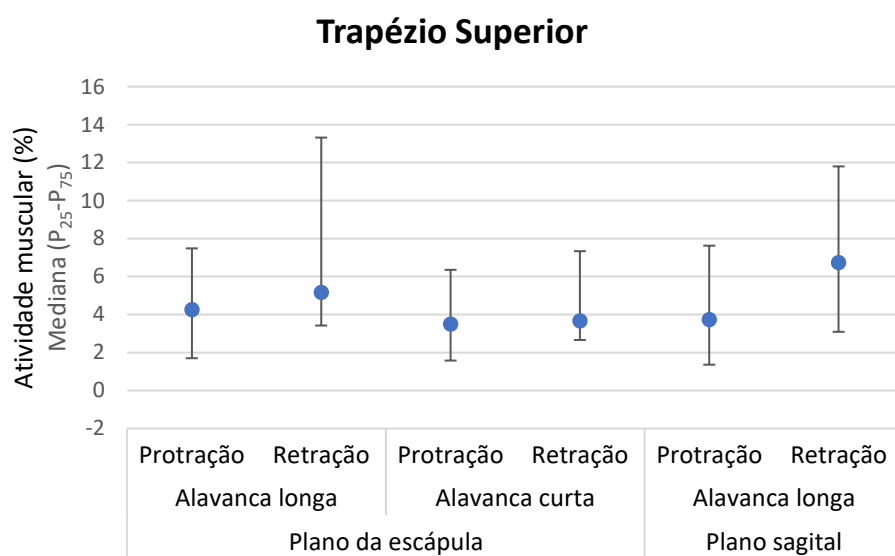


Figura 7– Atividade muscular nas várias condições do músculo trapézio superior.

4. Discussão

O objetivo principal deste estudo foi verificar a eficácia da alavanca (curta e longa) nos diferentes posicionamentos do MS (plano sagital e plano da escápula) durante o exercício de *push-up plus*, na atividade muscular dos estabilizadores da escápula de forma a perceber qual é a posição e alavanca mais adequada para a maximização de sinergia muscular em indivíduos saudáveis.

Para a sua concretização, avaliou-se os padrões de ativação nas diferentes variações do exercício, de forma a compreender qual a posição que recruta a sinergia muscular mais adequada a incluir em programas de exercício e reabilitação do ombro (Boroto et al., 2018).

Ao analisar a atividade muscular individual dos diferentes músculos escapulares em estudo, verificou-se que a atividade do SA e do TI é significativamente diferente entre as posições de protração e retração, independentemente do plano de movimento. Relativamente à atividade do SA, observou-se uma atividade superior na posição de protração da escápula em qualquer um dos momentos. Este resultado vai de encontro ao conhecimento adquirido de que o SA assume um papel fundamental na protração da escápula, realizando abdução, inclinação posterior, estabilização da margem medial e do ângulo inferior da escápula contra o tórax (coaptação) (Lunden et al., 2010; Neumann, 2010; Pereira et al., 2008; Postacchini & Carbone, 2013). Vários estudos comprovam este resultado relativo ao músculo SA nas suas investigações durante a realização do *push-up plus* tanto na parede como no chão (Cricchio & Frazer, 2011; Decker et al., 1999; Hardwick et al., 2006; B. Kim et al., 2010; Ludewig et al., 2004). Dado o contributo fundamental do SA no controlo motor do complexo articular do ombro (Lunden et al., 2010), parece existir informação científica suficiente para aconselhar a introdução da variação da posição de protração da escápula num plano de exercícios durante a reabilitação deste segmento.

Já na atividade do músculo TI, constatou-se o inverso do músculo anterior. Em todos os momentos, existiu uma baixa atividade durante a protração, enquanto que durante a retração se notou um aumento da sua atividade muscular, resultados semelhantes aos obtidos por outros autores nas suas investigações (W. Ben Kibler et al., 2008; Decker et al., 1999). É um resultado esperado dado que o TI tem uma linha de ação muscular ótima para promover a retração da escápula (Neumann, 2010) e é responsável por manter o *tilt* posterior da escápula, assegurando a sua estabilização contra o tórax durante este movimento (W. B. Kibler & Sciascia, 2010; McClure et al., 2012; Oyama et al., 2010; Pirauá et al., 2014). Sendo o TI um estabilizador do complexo

articular do ombro, este exercício poderá ser usado como um teste à atividade do músculo em questão ou como um exercício de reforço específico (Sahrmann, 2001).

Quanto à atividade muscular do músculo TS, independentemente da posição e da alavanca, este apresentou uma contração muscular baixa. Este comportamento motor é considerado adequado para potenciar um melhor controlo neuromuscular do complexo articular do ombro (W. Ben Kibler et al., 2008; Decker et al., 1999), visto que o TS é um músculo maioritariamente mobilizador, sendo de esperar que a sua atividade se mantenha baixa, de modo a possibilitar a utilização da musculatura estabilizadora do ombro sem compensações (Sahrmann, 2001). Todavia, importa referir que no músculo TS observou-se uma atividade significativamente superior durante a fase de retração da escápula no caso da alavanca longa no plano da escápula e no caso da alavanca longa do plano sagital. Pelo que este resultado é compatível com os resultados obtidos por *Seo et al.* (2013), apesar das diferenças metodológicas, uma vez que o *push-up plus*, neste estudo, teve como apoio estável a utilização de uma cadeira. Esta resposta pode ter ocorrido devido uma sinergia inadequada do TI relativamente ao TS que resulta na elevação da escápula sobre o tórax e diminuição da inclinação posterior durante o movimento de retração (Sahrmann, 2001). Já no outro momento, alavanca curta no plano da escápula, a retração não parece potenciar um maior nível de atividade.

Ao analisar-se a atividade muscular dos estabilizadores escapulares entre planos e alavancas, os resultados obtidos indicaram que o músculo SA, em retração, apresentou atividade significativamente superior tanto com a alavanca curta no plano da escápula como em alavanca longa do plano sagital ($p=0,045$). Para além disso, SA no plano da escápula alavanca curta apresenta uma tendência para uma maior atividade muscular do que nos restantes momentos, quer em retração, quer em protração. Este resultado era esperado, uma vez que na alavanca longa o envolvimento do grande peitoral e do trícipite permitem um suporte conjunto da carga entreposta, pelo que, na alavanca curta, ao não estarem tão ativos, justifica que a carga seja direcionada para a musculatura mais proximal, criando um maior desafio ao nível dos músculos estabilizadores (Ho et al., 2019), nomeadamente um recrutamento mais seletivo do SA. No entanto, Ludewig et al (2004) ao compararem a atividade muscular dos estabilizadores da escápula entre os dois tipos de alavancas dos MS (curta e longa) observaram que a atividade do músculo SA é significativamente maior com alavanca longa do que com apoio dos antebraços, o que contraria os resultados do presente estudo. Esta diferença nos resultados poderá ser explicada pelas variações que existem na metodologia entre os dois estudos, uma vez que os

exercícios no estudo de Ludewig et al (2004) foram realizados apenas no plano sagital e no chão, enquanto neste estudo o exercício foi realizado tanto no plano da escápula como no plano sagital e na parede. Ou seja, possivelmente, a execução do exercício na parede não implica diferenças entre os dois tipos de alavanca relativamente ao desafio criado pela gravidade, no entanto, no chão tal como no estudo de Ludewig et al (2004), a gravidade poderá impor um maior desafio muscular na alavanca longa do que na curta, gerando assim uma maior ativação do SA nessa alavanca. Relativamente aos dados observados no músculo TI, não se encontrou diferenças significativas na atividade muscular entre alavancas, no entanto, segundo Ho et al (2019) seriam de esperar diferenças na atividade muscular. Efetivamente, tal como no SA, seria expectável existir maior atividade muscular do TI na alavanca curta, devido à maior seletividade no seu recrutamento nesta posição em detrimento da alavanca longa. Contudo, segundo McCabe, Orishimo, McHugh, & Nicholas (2007) o TI apresenta maior atividade a partir dos 90º de flexão da articulação glenoumeral, principalmente quando o MS se encontra alinhado com as fibras deste músculo. Uma vez que no presente estudo ambas as alavancas são realizadas a 90º de flexão da glenoumeral (plano de escápula e sagital), isso explica o facto do tipo de alavanca não constituir um fator relevante para o recrutamento muscular do TI. Adicionalmente, quando analisados os resultados do TS, verificaram-se diferenças significativas entre as alavancas dos MS e as posições da escápula, assim como se verificou que os valores médios de ativação são baixos, principalmente no plano da escápula em alavanca curta, o que se justifica pelo facto da protração e retração não constituírem as principais funções desse músculo, sendo a sua função fundamental a elevação da clavícula e da escápula (Neumann, 2010). Simultaneamente, este resultado permite refletir que os exercícios foram executados de forma correta, pois um aumento da atividade do TS durante a fase de protração poderia ser interpretado como uma compensação à falta de estabilidade escapular segundo Ludewig et al (2004). Apesar disso, é importante notar que alguma atividade do músculo TS é esperada, e é desejável porque o TS trabalha sinergicamente com o SA para fornecer a necessária rotação superior e elevação da escápula durante a elevação do úmero (Hardwick et al., 2006).

Em suma, os resultados obtidos neste estudo sugerem a utilização, numa fase inicial de intervenção clínica, do exercício *push-up plus* em alavanca curta dos MS no plano da escápula na parede em indivíduos que apresentem um desequilíbrio na ativação do TS em relação ao SA e ao TI. De facto, esta estratégia motora em cadeia cinética fechada aparentemente potencia a

propriocepção, a estabilidade articular e a força dos músculos estabilizadores, mesmo sendo um exercício em descarga comparado com o *push-up* no chão (Uhl et al., 2003).

É de salientar que estas considerações foram obtidas numa amostra saudável, pelo que se recomenda precaução na extrapolação dos resultados numa população sintomática.

O presente estudo revelou algumas limitações. Em primeiro lugar, não foi possível obter informação sobre o plano sagital em alavanca curta uma vez que os indivíduos apresentaram fadiga no decorrer dos exercícios e optou-se por anular este em particular para não comprometer a concretização da investigação. Em segundo lugar, o estudo careceu de uma análise da atividade eletromiográfica de outros músculos, tais como os músculos da coifa dos rotadores, o peitoral maior e o deltoide anterior, que também seriam pertinentes avaliar enquadrados num processo complexo de análise da ativação muscular durante o *push-up plus*. Em terceiro lugar, não foi realizada a avaliação postural e da mobilidade da coluna torácica, as quais influenciam a cinemática escapular o que pode ter potenciado um viés de informação. Em quarto lugar, poderia ser efetuado um controlo e análise dos dados cinemáticos das articulações escapulotorácica e glenoumeral, de forma a avaliar o risco de conflito subacromial nas posições adotadas. Por fim, o tipo de amostragem não probabilística por conveniência faz com que a generalização das conclusões à população tenha de ser feita com reserva, uma vez que há potencial viés de seleção. Para estudos futuros seria pertinente fazer esta mesma investigação em indivíduos com sintomatologia e acrescentar a posição sagital em alavanca curta do exercício de *push-up plus*, de forma a contribuir para o conhecimento sobre o modelo multifatorial de funcionalidade ao nível do complexo articular do ombro.

5. Conclusão

Cada vez mais fisioterapeutas têm proposto diferentes exercícios com o objetivo de melhorar a função dos músculos escapulares. No entanto, durante o processo de reabilitação, cria-se o desafio de tentar aumentar a ação neuromuscular desses músculos sem a existência de sobrecarga em estruturas fragilizadas. Nesta investigação foi possível verificar que, durante o exercício de *push-up plus* nas diferentes condições investigadas, o TS no plano da escápula com alavanca curta é significativamente inferior do que na alavanca longa ($p=0.045$), o SA no plano da escápula com alavanca curta apresenta tendência para uma maior atividade muscular quer em protração quer em retração, e, por fim, o trapézio inferior regista valores significativamente superiores quando avaliado na retração escapular em todas as condições estudadas ($p<0.001$). Estes dados sugerem que a seleção do plano da escápula durante a execução do exercício de *push-up plus* em alavanca curta deve ser tida em consideração para promover a ativação muscular específica dos músculos estabilizadores da escápula SA e TI, utilizando a protração e retração, respetivamente, e, ao mesmo tempo, manter uma atividade muscular baixa do músculo TS, em qualquer posição da escápula. Assim, este exercício de reforço específico pode ser uma mais valia no protocolo de reabilitação do ombro, uma vez que utiliza os músculos estabilizadores da escápula sem compensações.

6. Referências Bibliográficas

- Andersen, C. H., Andersen, L. L., Mortensen, O. S., Zebis, M. K., & Sjøgaard, G. (2011). Protocol for Shoulder function training reducing musculoskeletal pain in shoulder and neck: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-14>
- Artus, M., Van Der Windt, D. A., Afolabi, E. K., Buchbinder, R., Chesterton, L. S., Hall, A., Roddy, E., & Foster, N. E. (2017). Management of shoulder pain by UK general practitioners (GPs): A national survey. *BMJ Open*, 7(6). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015711>
- Barreto, R. P. G., Robinson, C. C., Rocha, C. S. dos S., Mothes, F. C., Matsumoto, F., Rosa, L. H. T. da, Kiefer, T., & Silva, M. F. (2013). Lower trapezius and serratus anterior activation: which exercise to use for scapular neuromuscular reeducation? *ConScientiae Saúde*, 11(4), 660–667. <https://doi.org/10.5585/conssaude.v11n4.3988>
- Ben Kibler, W., Sciascia, A. D., Uhl, T. L., Tambay, N., & Cunningham, T. (2008). Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *American Journal of Sports Medicine*, 36(9), 1789–1798. <https://doi.org/10.1177/0363546508316281>
- Boroto, L., Dhein, W., & La Torre, M. (2018). Análise eletromiográfica dos músculos estabilizadores da escápula durante os exercícios push up e bench press em atletas universitários com e sem síndrome do impacto do ombro. *Fisioterapia Brasil*, 19(5), 597. <https://doi.org/10.33233/fb.v19i5.1401>
- Brudvig, T. J., Kikarni, H., & Sah, S. (2011). The effect of therapeutic exercise and mobilization on patients with shoulder dysfunction: A systematic review with meta-analysis. In *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* (Vol. 41, Issue 10, pp. 734–748). Movement Science Media. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3440>
- Calatayud, J., Borreani, S., Colado, J. C., Martín, F., Rogers, M. E., Behm, D. G., & Andersen, L. L. (2014). Muscle Activation during Push-Ups with Different Suspension Training Systems. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 502–510.
- Camargo, P. R., Albuquerque-Sendín, F., Avila, M. A., Haik, M. N., Vieira, A., & Salvini, T. F. (2015). Effects of stretching and strengthening exercises, with and without manual therapy, on scapular kinematics, function, and pain in individuals with shoulder impingement: A randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 45(12), 984–997. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5939>

- Camargo, P. R., & Neumann, D. A. (2019). Kinesiologic considerations for targeting activation of scapulothoracic muscles – part 2: trapezius. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(6). <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.01.011>
- Castelein, B., Cools, A., Bostyn, E., Delemarre, J., Lemahieu, T., & Cagnie, B. (2015). Analysis of scapular muscle EMG activity in patients with idiopathic neck pain: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(2). <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.01.006>
- Chester, R., Jerosch-Herold, C., Lewis, J., & Shepstone, L. (2018). Psychological factors are associated with the outcome of physiotherapy for people with shoulder pain: A multicentre longitudinal cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 52(4), 269–275. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096084>
- Chester, R., Khondoker, M., Shepstone, L., Lewis, J. S., & Jerosch-Herold, C. (2019). Self-efficacy and risk of persistent shoulder pain: results of a Classification and Regression Tree (CART) analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(13). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099450>
- CHo, S.-H., Baek, I.-H., Young CHEon, J., Jung CHo, Mi., Young CHol, M., & HYe Jung, D. (n.d.). *Effect of the Push-up Plus (PUP) Exercise at Different Shoulder Rotation Angles on Shoulder Muscle Activities*.
- Clarsen, B., Bahr, R., Andersson, S. H., Munk, R., & Myklebust, G. (2014). Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male handball players: A prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 48(17), 1327–1333. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093702>
- Cools, A. M., Dewitte, V., Lanszweert, F., Notebaert, D., Roets, A., Soetens, B., Cagnie, B., & Witvrouw, E. E. (2007). Rehabilitation of scapular muscle balance: Which exercises to prescribe? *American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1744–1751. <https://doi.org/10.1177/0363546507303560>
- Cram, J. R., & Criswell, E. (2010). *Cram's Introduction to Surface Electromyography*. Jones & Bartlett Learning.
- Cricchio, M., & Frazer, C. (2011). Scapulothoracic and Scapulohumeral Exercises: A Narrative Review of Electromyographic Studies. *Journal of Hand Therapy*, 24(4). <https://doi.org/10.1016/j.jht.2011.06.001>
- De Castro, M. P., & Aldabec, D. (n.d.). *Artigo de Revisão Movimento escapular: padrão de*

normalidade e suas alterações na disfunção Scapular motion: standard of normality and your alterations in the disfunction.

- Decker, M. J., Hintermeister, R. A., Faber, K. J., & Hawkins, R. J. (1999). Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 784–791. <https://doi.org/10.1177/03635465990270061601>
- Falla, D., Farina, D., & Graven-Nielsen, T. (2007). Experimental muscle pain results in reorganization of coordination among trapezius muscle subdivisions during repetitive shoulder flexion. *Experimental Brain Research*, 178(3). <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0746-6>
- Götze, M., Ernst, M., Koch, M., & Blickhan, R. (2015). Influence of chronic back pain on kinematic reactions to unpredictable arm pulls. *Clinical Biomechanics*, 30(3). <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.01.001>
- Gouvali, M. K., & Boudolos, K. (2005). Dynamic and Electromyographical Analysis in Variants of Push-Up Exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1). <https://doi.org/10.1519/14733.1>
- Hardwick, D. H., Beebe, J. A., McDonnell, M. K., & Lang, C. E. (2006). A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(12), 903–910. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2306>
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361–374. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
- Ho, A. J., Cudlip, A. C., Ribeiro, D. C., & Dickerson, C. R. (2019). Examining upper extremity muscle demand during selected push-up variants. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.12.008>
- Hodges, P. W., & Tucker, K. (2011). Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*, 152(Supplement). <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.10.020>
- Jeong, S. Y., Chung, S. H., & Shim, J. H. (2014). Comparison of upper trapezius, anterior deltoid, and serratus anterior muscle activity during pushup plus exercise on slings and a stable surface. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(6), 937–939. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.937>

- Kibler, W. Ben, Ludewig, P. M., McClure, P. W., Michener, L. A., Bak, K., & Sciascia, A. D. (2013). Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: The 2013 consensus statement from the "scapular summit." *British Journal of Sports Medicine*, 47(14), 877–885. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092425>
- Kibler, W. B., & Sciascia, A. (2010). Current concepts: scapular dyskinesis. *British Journal of Sports Medicine*, 44(5). <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058834>
- Kim, B., Gong, W., & Lee, S. (2010). The Effect of Push-up Plus Exercise with Visual Biofeedback on The Activity of Shoulder Stabilizer Muscles for Winged Scapula. *Journal of Physical Therapy Science*, 22(4), 355–358. <https://doi.org/10.1589/jpts.22.355>
- Kim, Y.-S., Kim, D.-Y., & Ha, M.-S. (n.d.). *Effect of the push-up exercise at different palmar width on muscle activities*.
- Larkin-Kaiser, K. A., Parr, J. J., Borsa, P. A., & George, S. Z. (2015). Range of motion as a predictor of clinical shoulder pain during recovery from delayed-onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 50(3), 289–294. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.5.05>
- Lee, S., & Kim, J. (2019). The effect of leg angle during push-up plus exercise on shoulder stabilization muscle activity. *Journal of Physical Therapy Science*, 31(1). <https://doi.org/10.1589/jpts.31.33>
- Lefèvre-Colau, M. M., Nguyen, C., Palazzo, C., Srour, F., Paris, G., Vuillemin, V., Poiraudau, S., Roby-Brami, A., & Roren, A. (2018). Kinematic patterns in normal and degenerative shoulders. Part II: Review of 3-D scapular kinematic patterns in patients with shoulder pain, and clinical implications. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 61, Issue 1, pp. 46–53). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.09.002>
- Linaker, C. H., & Walker-Bone, K. (2015). Shoulder disorders and occupation. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 29(3). <https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.04.001>
- Ludewig, P. M., Hoff, M. S., Osowski, E. E., Meschke, S. A., & Rundquist, P. J. (2004). Relative Balance of Serratus Anterior and Upper Trapezius Muscle Activity during Push-Up Exercises. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(2). <https://doi.org/10.1177/0363546503258911>
- Lunden, J. B., Braman, J. P., LaPrade, R. F., & Ludewig, P. M. (2010). Shoulder kinematics during the wall push-up plus exercise. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 19(2). <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.06.003>
- Magarey, M. ., & Jones, M. . (2003). Dynamic evaluation and early management of altered motor

- control around the shoulder complex. *Manual Therapy*, 8(4).
[https://doi.org/10.1016/S1356-689X\(03\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S1356-689X(03)00094-8)
- Marôco, J. (2014). Análise estatística com o SPSS Statistics. In *Análise e Gestão da Informação*.
- McClure, P., Greenberg, E., & Kareha, S. (2012). Evaluation and Management of Scapular Dysfunction. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(1).
<https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e31824716a8>
- McQuade, K. J., Borstad, J., & De Oliveira, A. S. (2016). Critical and theoretical perspective on scapular stabilization: What does it really mean, and are we on the right track? *Physical Therapy*, 96(8), 1162–1169. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140230>
- Miranda, H., Punnett, L., Viikari-Juntura, E., Heliövaara, M., & Knekt, P. (2008). Physical work and chronic shoulder disorder. Results of a prospective population-based study. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 67(2), 218–223. <https://doi.org/10.1136/ard.2007.069419>
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for Rehabilitation* (M. Elsevier (ed.); 2^o).
- Oh, H., Kim, J., Kim, G., Lee, D., Yoo, N., Choi, H., Park, P., Hwang, H., Kim, E., Kang, D., & Kim, H. (2013). Comparison of Muscle Activities in Different Supporting Surface Intervals during Push-up Exercise. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, 1(4).
<https://doi.org/10.15268/ksim.2013.1.4.025>
- Oyama, S., Myers, J. B., Wassinger, C. A., & Lephart, S. M. (2010). Three-Dimensional Scapular and Clavicular Kinematics and Scapular Muscle Activity During Retraction Exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(3). <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3018>
- Paine, R., & Voight, M. L. (2013). THE ROLE OF THE SCAPULA. In *The International Journal of Sports Physical Therapy* (Vol. 8, Issue 5).
- Park, S., & Yoo, W. (2011). Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(5). <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.07.001>
- Pereira, D., De Brum, C., Morais De Carvalho, M., Tucci, H. T., & Siriani De Oliveira, A. (2008). Avaliação Eletromiográfica de Músculos da Cintura Escapular e Braço Durante a Realização de Exercícios Com Extremidade Fixa e Carga Axial Electromyographic Assessment of Scapular Girdle and Arm Muscles During Exercises With Fixed Boundary and Axial Load. In *Rev Bras Med Esporte* (Vol. 14).
- Phadke, V., Camargo, P., & Ludewig, P. (2009). Scapular and rotator cuff muscle activity during

- arm elevation: a review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 13(1). <https://doi.org/10.1590/S1413-35552009005000012>
- Pirauá, A. L. T., Pitangui, A. C. R., Silva, J. P., dos Passos, M. H. P., de Oliveira, V. M. A., Batista, L. da S. P., & de Araújo, R. C. (2014). Electromyographic analysis of the serratus anterior and trapezius muscles during push-ups on stable and unstable bases in subjects with scapular dyskinesis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(5). <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.05.009>
- Postacchini, R., & Carbone, S. (2013). Scapular dyskinesis: Diagnosis and treatment. *OA Musculoskeletal Medicine*, 1(2). <https://doi.org/10.13172/2052-9287-1-2-869>
- Ratcliffe, E., Pickering, S., McLean, S., & Lewis, J. (2014). Is there a relationship between subacromial impingement syndrome and scapular orientation? A systematic review. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 48, Issue 16, pp. 1251–1256). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092389>
- Roquelaure, Y., Ha, C., Rouillon, C., Fouquet, N., Leclerc, A., Descatha, A., Touranchet, A., Goldberg, M., & Imbernon, E. (2009). Risk factors for upper-extremity musculoskeletal disorders in the working population. *Arthritis & Rheumatism*, 61(10). <https://doi.org/10.1002/art.24740>
- Sahrmann, S. (2001). *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes* (Elsevier (ed.)).
- Sandhu, J., Mahajan, S., & Shenoy, S. (2008). An electromyographic analysis of shoulder muscle activation during push-up variations on stable and labile surfaces. *International Journal of Shoulder Surgery*, 2(2), 30. <https://doi.org/10.4103/0973-6042.40456>
- Seo, S.-H., Jeon, I.-H., Cho, Y.-H., Lee, H.-G., Hwang, Y.-T., & Jang, J.-H. (n.d.). *Surface EMG during the Push-up plus Exercise on a Stable Support or Swiss Ball: Scapular Stabilizer Muscle Exercise*.
- Steuri, R., Sattelmayer, M., Elsig, S., Kolly, C., Tal, A., Taeymans, J., & Hilfiker, R. (2017). Effectiveness of conservative interventions including exercise, manual therapy and medical management in adults with shoulder impingement: A systematic review and meta-analysis of RCTs. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 51, Issue 18, pp. 1340–1347). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096515>
- Struyf, F., Nijs, J., Mollekens, S., Jeurissen, I., Truijen, S., Mottram, S., & Meeusen, R. (2012). Scapular-focused treatment in patients with shoulder impingement syndrome: A

- randomized clinical trial. *Clinical Rheumatology*, 31(1), 73–85.
<https://doi.org/10.1007/s10067-012-2093-2>
- Suprak, D. N., Bohannon, J., Morales, G., Stroschein, J., & Juan, J. G. S. (2013). Scapular kinematics and shoulder elevation in a traditional push-up. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 826–835.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.5.08>
- Terry, G. C., & Chopp, T. M. (2000). C by the National Athletic Trainers. In *Journal of Athletic Training* (Vol. 35, Issue 3). Association, Inc. www.journalofathletictraining.org
- Tsuruie, M., & Ellenbecker, T. S. (2015). Serratus anterior and lower trapezius muscle activities during multi-joint isotonic scapular exercises and isometric contractions. *Journal of Athletic Training*, 50(2), 199–210. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.80>
- Tucker, W. S., Campbell, B. M., Swartz, E. E., & Armstrong, C. W. (n.d.). *Electromyography of 3 Scapular Muscles: A Comparative Analysis of the Cuff Link Device and a Standard Push-Up*. http://meridian.allenpress.com/jat/article-pdf/43/5/464/1453277/1062-6050-43_5_464.pdf
- Uhl, T. L., Carver, T. J., Mattacola, C. G., Mair, S. D., & Nitz, A. J. (2003). Shoulder Musculature Activation During Upper Extremity Weight-Bearing Exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(3), 109–117. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.3.109>
- Worsley, P., Warner, M., Mottram, S., Gadola, S., Veeger, H. E. J., Hermens, H., Morrissey, D., Little, P., Cooper, C., Carr, A., & Stokes, M. (2013). Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(4). <https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.06.010>

7. Anexos

7.1. Questionário para seleção e caracterização da amostra

O presente questionário foi elaborado no âmbito do Mestrado em Terapia Manual Ortopédica na área de Fisioterapia da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto – Politécnico do Porto.

O preenchimento deste questionário demora aproximadamente 5 minutos, sendo este constituído por perguntas de escolha múltipla e de resposta curta. O anonimato é garantido, todas as respostas são confidenciais e para uso exclusivo do projeto.

Agradecemos a sua disponibilidade e colaboração.

1. Nome (Primeiro e Último)

2. Número de telemóvel

3. *E-mail*

4. Idade (em anos)

5. Sexo

()Feminino

()Masculino

6. Membro superior dominante

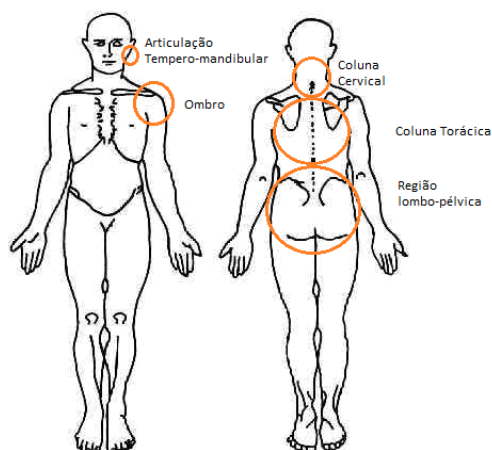
()Esquerdo

()Direito

7. Peso (Em quilogramas)

8. Altura (Em metros)

9. Nos últimos três meses apresentou episódios recorrentes de dor em alguma(s) das seguintes regiões? (pode assinalar mais do que uma opção)



- ☐ Articulação temporomandibular
- ☐ Ombro
- ☐ Coluna Cervical
- ☐ Coluna Torácica
- ☐ Região Lombo-pélvica
- ☐ Nenhuma
10. Tem ou teve alguma doença/distúrbio no último ano? (pode assinalar mais do que uma opção)
- ☐ Nenhuma
- ☐ Doença respiratória. Qual? _____
- ☐ Doença Cardiovascular. Qual? _____
- ☐ Doença Neurológica. Qual? _____
- ☐ Outro(s). Qual(is)? _____
11. Foi sujeito a alguma intervenção cirúrgica na região do ombro, coluna cervical, torácica ou lombar no último ano?
- ☐ Sim
- ☐ Não
12. Está grávida ou encontra-se num período inferior a seis meses após o parto?
- ☐ Sim
- ☐ Não
13. Pratica algum exercício físico? (Entenda-se exercício físico como toda a atividade física – com gasto energético – planeada, estruturada e repetitiva)
- ☐ Sim. Que exercício físico? _____
- ☐ Não

Obrigada pela sua colaboração! 😊

7.2. Consentimento Informado

----- CONSENTIMENTO INFORMADO

O termo de consentimento informado deve ser específico do Estudo de Investigação (o modelo deve ser adaptado ao estudo em causa, acrescentando outros dados considerados pertinentes ou eliminando partes não aplicáveis). Compete ao Investigador Principal, prestar aos Participantes do estudo as informações necessárias ao consentimento livre e esclarecido.

Declaração de Consentimento Informado

Conforme alei 67/98 de 26 de Outubro e a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996; Edimburgo 2000; Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008, Fortaleza 2013) – quando se aplicar

Influência da posição escapular e da orientação dos membros superiores na atividade muscular escapular no *push-up plus*, em indivíduos saudáveis

DESIGNAÇÃO DO ESTUDO

Eu, abaixo-assinado _____: Fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a analisar a influência da posição escapular e da orientação dos membros superiores na atividade muscular escapular no *push-up plus*, em indivíduos saudáveis. Sei que neste estudo está prevista a realização de avaliação antropométrica (altura e massa corporal), avaliação da capacidade de contração máxima dos músculos trapézio superior e inferior e serrátil anterior através do teste muscular manual e análise da atividade eletromiográfica dos músculos referidos anteriormente, tendo-me sido explicado em que consistem e quais os seus possíveis efeitos. Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos Participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato. Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto. Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas. Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado. Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato. Investigador Responsável e Contacto: Paulo José Medeiros de Carvalho (pjmdecarvalho@gmail.com)

_____/_____/_____
DATA ASSINATURA

7.3. Base de dados

Participantes	Sexo	Idade	MS dominante	Massa	Altura	IMC	AL_PE_PT_SA	AC_PE_PT_SA	AL_PE_RT_SA	AC_PE_RT_SA	AL_PS_PT_SA	AL_PS_RT_SA	AL_PE_PT_TS	AC_PE_PT_TS	AL_PE_RT_TS	AC_PE_RT_TS	AL_PS_PT_TS	AL_PS_RT_TS	AL_PE_PT_TI	AC_PE_PT_TI	AL_PE_RT_TI	AC_PE_RT_TI	AL_PS_PT_TI	AL_PS_RT_TI
1	2	21	1	52,00	1,56	21,37	109,25	85,91	94,21	133,25	68,73	70,29	5,15	1,83	2,90	2,93	3,27	4,71	29,54	29,87	115,59	70,32	34,57	152,52
2	2	21	1	57,00	1,58	22,83	113,74	167,03	17,79	19,03	189,28	13,00	5,03	4,11	4,92	4,24	3,73	30,68	12,58	15,62	79,17	135,61	15,28	69,13
3	2	22	1	53,00	1,58	21,23	66,43	66,62	30,43	20,19	62,03	20,04	8,22	4,28	3,86	3,48	7,68	7,18	14,46	5,82	32,65	48,72	29,74	40,61
4	2	20	1	62,00	1,71	21,20	80,64	122,41	24,87	33,25	75,49	32,18	4,29	4,94	32,79	11,64	4,42	10,99	2,23	2,42	30,23	31,82	1,81	39,42
5	1	22	1	69,00	1,77	22,02	72,78	83,59	3,29	3,74	95,76	4,71	21,67	11,03	16,22	10,87	30,69	8,27	2,62	1,63	41,06	83,01	2,10	33,23
6	1	22	1	64,00	1,79	19,97	31,93	64,97	5,94	26,63	61,89	18,01	6,60	4,38	5,91	3,15	7,56	4,25	13,91	16,62	173,78	108,66	14,74	137,02
7	2	23	1	52,00	1,57	21,10	115,11	175,53	18,87	43,92	61,22	57,13	17,29	17,93	60,84	16,05	17,52	39,87	61,46	58,47	161,21	332,50	64,10	179,75
8	2	22	1	66,00	1,74	21,80	68,90	124,78	10,73	32,38	77,52	13,87	10,27	8,70	6,65	5,01	11,79	6,88	13,47	11,50	85,96	55,18	10,00	99,65
9	1	21	1	59,00	1,70	20,42	125,48	145,97	3,45	2,72	143,44	3,64	6,71	4,04	22,30	3,66	7,58	14,85	6,86	10,79	125,58	121,57	10,48	121,59
10	2	21	1	61,00	1,68	21,61	106,10	58,38	4,02	18,94	110,48	2,28	16,80	3,29	16,81	3,50	13,33	11,93	3,65	2,93	10,62	15,65	3,04	18,10
11	1	21	1	69,00	1,80	21,30	146,23	81,96	30,71	50,90	85,41	28,68	106,04	60,77	104,14	71,86	69,71	81,38	13,27	9,12	120,84	83,04	9,72	116,60
12	1	21	2	82,00	1,86	23,70	76,39	105,09	66,28	45,66	68,73	39,76	1,01	1,16	1,02	1,03	1,00	0,84	2,98	2,91	62,03	57,25	11,26	64,94
13	2	22	1	53,00	1,55	22,06	14,55	26,23	14,19	18,33	14,97	10,42	4,25	3,50	7,13	5,23	4,03	6,16	1,82	2,95	6,06	5,86	2,50	11,65
14	2	18	1	47,00	1,64	17,47	44,18	109,74	37,17	21,81	49,27	9,05	1,20	0,97	8,98	0,88	0,62	2,00	2,32	2,98	2,98	16,61	3,92	8,89
15	2	19	1	66,00	1,56	27,12	22,41	45,61	13,31	30,87	35,55	6,41	3,05	3,69	4,34	6,14	3,05	14,92	4,98	6,27	89,52	83,64	5,45	48,66
16	1	25	1	75,00	1,76	24,21	48,13	50,32	42,84	41,34	26,45	25,10	2,55	1,26	3,12	2,81	1,19	1,89	3,23	2,57	19,24	20,42	2,62	22,89
17	1	21	1	61,00	1,67	21,87	20,04	27,48	21,57	17,46	19,17	15,86	1,86	1,97	5,17	2,23	1,95	2,35	2,53	2,46	11,69	5,40	2,58	17,40
18	1	21	1	64,00	1,83	19,11	16,59	22,56	8,30	14,97	17,67	1,60	1,32	1,44	4,86	2,51	1,26	3,25	0,66	0,72	9,01	1,15	0,65	12,65
19	2	19	1	56,00	1,57	22,72	17,15	14,84	5,80	4,98	18,39	4,51	1,19	1,28	1,77	1,35	1,27	1,36	1,17	1,08	12,07	9,24	1,65	11,68
20	1	24	1	77,00	1,88	21,79	33,65	49,99	32,86	34,96	40,90	20,37	1,54	1,71	2,89	3,57	1,44	8,31	1,35	1,33	55,90	43,66	1,34	49,84
21	2	19	1	53,00	1,68	18,78	17,08	29,28	7,70	6,27	19,78	4,13	4,99	10,23	3,31	7,71	1,64	4,59	0,76	1,70	5,07	9,82	1,30	9,45
22	1	21	1	91,00	1,77	29,05	26,05	48,96	5,34	27,35	24,27	5,53	3,94	3,25	7,95	6,47	5,70	6,73	3,16	3,29	3,25	13,97	3,14	5,18
23	1	21	1	65,00	1,77	20,75	8,03	11,11	6,87	10,11	9,36	7,30	1,10	1,22	3,53	2,07	1,21	11,67	3,20	2,36	10,19	12,48	2,21	19,81
24	2	26	1	54,00	1,62	20,58	16,73	16,22	5,48	10,38	12,05	2,28	0,80	0,77	1,27	1,11	0,67	0,71	1,02	1,25	16,92	4,27	1,01	10,33
25	2	21	1	59,00	1,65	21,67	18,47	34,13	2,63	22,60	19,92	3,78	6,75	7,77	10,41	10,02	6,27	8,64	6,71	6,06	26,32	10,19	5,91	19,11
26	1	21	1	82,00	1,78	25,88	23,69	42,26	4,01	21,75	30,41	3,56	2,68	2,34	4,01	3,77	3,15	2,93	3,29	3,53	30,57	21,62	3,70	22,37
27	1	22	1	85,00	1,81	25,95	47,08	38,39	23,16	3,93	48,40	5,54	3,31	2,83	4,70	3,49	4,36	4,39	6,81	3,97	46,52	12,43	6,51	39,50
28	2	21	1	66,00	1,68	23,38	43,58	57,46	6,78	5,89	46,90	7,10	2,69	3,53	5,28	6,96	2,85	4,74	3,34	2,87	19,58	19,40	3,65	23,47
29	1	22	1	67,00	1,64	23,80	81,76	102,04	8,44	18,23	90,73	14,74	17,59	24,06	30,72	14,25	36,24	24,36	18,86	20,59	102,29	100,07	37,80	129,38

